

POLOGRAPHIC RADAR DEVICE

Patent Number: JP2001099918
Publication date: 2001-04-13
Inventor(s): ASANO KOICHI; OSHIMA SHIGEKI
Applicant(s): TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
Requested Patent: ☐ JP2001099918
Application Number: JP19990281120 19991001
Priority Number(s):
IPC Classification: G01S13/48; G01S7/02
EC Classification:
Equivalents:

**Abstract**

PROBLEM TO BE SOLVED: To effectively detect a target with a simple constitution.

SOLUTION: Longitudinal transmission antennas 14a-14c and lateral reception antennas 16a-16c orthogonal to each other are provided in this device. The reception antennas 14a-14c are switched in order, and the transmission antennas 16a-16c are switched in order when one of transmission antennas is selected. A reception signal provided by combining the transmission antennas 14a-14c with the reception antennas 16a-16c is provided thereby. The generation frequency of an unnecessary signal can be brought into a fixed period by making switching period for the reception antennas 16a-16c integer times larger than switching period of the transmission antennas 14a-14c.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-99918
(P2001-99918A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 S 13/48
7/02

識別記号

F I

G 0 1 S 13/48
7/02

テームコード* (参考)

5 J 0 7 0
F

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-281120

(22) 出願日 平成11年10月1日 (1999.10.1)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1

(72) 発明者 浅野 孔一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 大島 繁樹

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

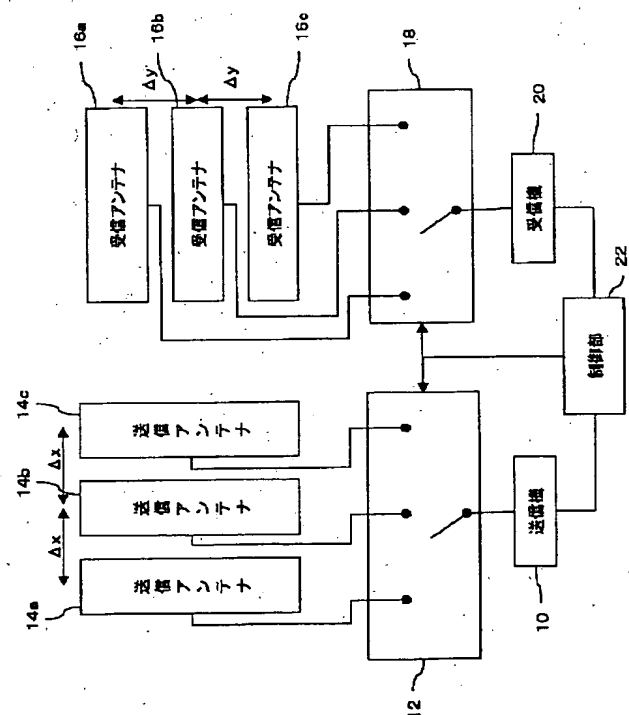
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホログラフィックレーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で、ターゲットを効果的に検出する。

【解決手段】 互いに直交する縦長の送信アンテナ14a~14cと、横長の受信アンテナ16a~16cを設ける。送信アンテナ14a~14cを順次切り換え、1つの送信アンテナ14a~14cが選択されているときに受信アンテナ16a~16cを順次切り換える。これによって、送信アンテナ14a~14cと受信アンテナ16a~16cの組み合わせ分の受信信号が得られる。また、受信アンテナ16a~16cの切り換え周期を送信アンテナ14a~14cの切り換え周期の整数倍にすることで、不要信号の発生周波数を一定周期とすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を複数の受信アンテナを順次切り換えて受信し、

送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得るホログラフィックレーダ装置において、

送信アンテナの配列方向と受信アンテナの配列方向とが直交するように設定されていることを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項2】 互いに直交する2軸方向にそれぞれ同一間隔に配置した複数の送信アンテナと、互いに直交する2軸方向のそれぞれ軸方向で同一間隔に配置した複数の受信アンテナを有し、

前記複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を前記受信アンテナを順次切り換えて受信し、送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得るホログラフィックレーダ装置。

【請求項3】 請求項2に記載の装置において、送信アンテナの2つの軸方向におけるそれぞれの間隔を受信アンテナの対応する軸方向に受信アンテナの間隔とその軸方向の受信アンテナ数の積に等しく設定することを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1つに記載の装置において、

送信アンテナおよび受信アンテナは同一平面に配置されていることを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項5】 請求項1～3のいずれか1つに記載の装置において、

送信アンテナおよび受信アンテナは互いに重なるように配置された別の平面にそれぞれ配置され、送信アンテナと受信アンテナの偏波が互いに直交する方向に設定されていることを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項6】 複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を複数の受信アンテナを順次切り換えて受信し、送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得るホログラフィックレーダ装置において、

前記複数の送信アンテナを前記受信アンテナの切り換え周期の倍数の周期をもって順次切り換えて電波を送信することを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項7】 請求項6に記載の装置において、前記受信アンテナの切り換え周期を、送信電波が最大検出距離の往復に要する時間の整数倍に設定することを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項8】 複数の受信アンテナでレーダ信号を得るホログラフィックレーダ装置において、複数のアンテナの中から中心対称に位置する複数個を選んで、複数のサブアレーを構成し、そのサブアレーの中心に対してどちらか一方のアンテナで得られたレーダ信

号の位相を π だけ回転させ、

さらに検出されている目標物の方向を中心とする所定の角度範囲内でサブアレーによって形成されるビームを走査するようにサブアレーの各信号に複素重みを乗じて合成信号を求め、

走査した角度範囲内での合成信号の落ち込みを各サブアレーについて求め、

その落ち込みがレベルを越えないサブアレーに基づいて、

予め設定されている振幅または位相の補正係数を変更する必要があるアンテナを特定することを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【請求項9】 請求項8に記載の装置において、前記レーダ信号は、複数の受信アンテナを順次切り換え、時分割で得られたものであるホログラフィックレーダ装置。

【請求項10】 請求項7または8に記載の装置において、

特定された振幅または位相の補正係数を変更する必要があるアンテナを含むサブアレーにおいて、補正係数の振幅、位相を変化させ、そのときの落ち込みレベルの変化に基づいて補正係数を修正することを特徴とするホログラフィックレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 複数の受信アンテナを有するホログラフィックレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、仰角および方位角について所望の範囲内でのターゲットを検出するために、2次元配列された受信アンテナを有するホログラフィックレーダが利用されている。

【0003】 このホログラフィックレーダにおいては、 $n \times m$ 個の受信アンテナを2次元配列し、各受信アンテナで、ターゲットからの反射波を受信する。そして、各受信アンテナの受信信号について、複素数の重み乗算して合成することによりビーム形成し、ターゲットを検出する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このようなホログラフィックアンテナにおいては、受信アンテナの数だけ受信機を必要として、装置が大型化し、またコストが高くなってしまふ。また、このような2次元のホログラフィックアンテナでは、複数の受信アンテナを互いに直交する2方向に、最大の検出方向範囲に基づいて定まる間隔で配列する必要がある。このためには、広い検出方向範囲の実現のためには、配列間隔を狭くしなければならない。そこで、各受信アンテナの開口は狭くなり、利得の高いアンテナを用いることができず、感度が低下してしまふ。

【0005】また、複数の受信アンテナからの受信信号を1つの受信機に時分割で供給して受信することも提案されている。しかし、FMCWレーダなど連続波を用いる場合、送受信アンテナ間や送受信回路間の結合により、きわめて近距離に存在する物体からの反射波と同様の送信波がアンテナ切り換え周期の逆数に対応する周波数で変調されて混入する。そして、このような不要信号が、高調波がその周波数の間隔で高域の周波数帯域まで繰り返し現れるようになる。

【0006】また、複数の受信アンテナを利用する場合、各アンテナ系（アンテナやそこに接続される線路や回路を含んだモジュール）の特性は、一般的に同一ではない。従って、これらの相違をなくすために、初期状態での各アンテナ系の特性が等しくなるように、受信信号の振幅、位相についての補正係数が設定される。しかし、レーダの使用される状態によって、各アンテナ系の特性は変化する。そこで、精度の高い計測状態を維持するためには、これら補正係数を修正したいという要求がある。

【0007】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、比較的簡単な構成で適切な受信が行える複数の受信アンテナを用いたホログラフィックレーダ装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を複数の受信アンテナを順次切り換えて受信し、送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得るホログラフィックレーダ装置において、送信アンテナの配列方向と受信アンテナの配列方向の配列方向とが直交するように設定されていることを特徴とする。

【0009】この構成により、送受信機を各1つにできる。そして、例えば1つの送信アンテナと、9つの受信アンテナを有するホログラフィックレーダと同様の受信信号を送信アンテナ3つと、受信アンテナ3つで構成できる。また、受信アンテナも一方向に配列するだけであり、他の方向においては、隣接する受信アンテナが存在せず、従ってアンテナの開口を大きくとることができ、アンテナの利得を高くして感度を高くすることができる。

【0010】また、本発明は、互いに直交する2軸方向にそれぞれ同一間隔に配置した複数の送信アンテナと、互いに直交する2軸方向のそれぞれ軸方向で同一間隔に配置した複数の受信アンテナを有し、前記複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を前記受信アンテナを順次切り換えて受信し、送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得る。

【0011】これによって、1つの送信アンテナから電波の反射波を複数の受信アンテナで受信する。これによ

って、送信アンテナを1つにし、送信アンテナ数×受信アンテナ数分の受信アンテナを設けたのと同様のレーダを構成することができる。

【0012】また、送信アンテナの2つの軸方向におけるそれぞれの間隔を受信アンテナの対応する軸方向に受信アンテナの間隔とその軸方向の受信アンテナ数の積に等しく設定することが好適である。これによって、例えば、送信アンテナを一方向間隔 $2\Delta x$ で配置し、受信アンテナをその方向で、 Δx で配置する。また、他の方向では、送信アンテナを間隔 $2\Delta y$ 、受信アンテナを間隔 Δy で配置する。これによって、送信アンテナを1つにし、送信アンテナ数×受信アンテナ数分の受信アンテナを各方向において等間隔で設けたのと同様のレーダを構成することができる。

【0013】また、送信アンテナおよび受信アンテナは同一平面に配置されていることが好適である。これによって、ビーム形成などの信号処理が容易となる。

【0014】また、送信アンテナおよび受信アンテナは互いに重なるように配置された別の平面にそれぞれ配置され、送信アンテナと受信アンテナの偏波が互いに直交する方向に設定されていることが好適である。これによって、アンテナの開口を小さくでき、また受信信号中に混入した送信波の干渉を容易に排除できる。

【0015】また、複数の送信アンテナを順次切り換えて送信した電波の反射波を複数の受信アンテナを順次切り換えて受信し、送信アンテナおよび受信アンテナの各組で得られるレーダ信号を時分割で得るホログラフィックレーダ装置において、前記複数の送信アンテナを前記受信アンテナの切り換え周期の倍数の周期をもって順次切り換えて電波を送信することを特徴とする。

【0016】この構成により、受信アンテナの切り換え周期で変調された不要信号の周波数が送信アンテナ切り換え周期で変調された不要信号に重なる。そこで、不要信号をコムフィルタなどにより容易に除去することができる。

【0017】また、前記受信アンテナの切り換え周期を、送信電波が最大検出距離の往復に要する時間の整数倍に設定することが好適である。これによって、最大検出距離以内のターゲットからの反射波を確実に受信することができる。

【0018】また、本発明は、複数の受信アンテナでレーダ信号を得るホログラフィックレーダ装置において、複数のアンテナの中から中心対称に位置する複数個を選んで、複数のサブアレーを構成し、そのサブアレーの中心に対してどちらか一方のアンテナで得られたレーダ信号の位相を π だけ回転させ、さらに検出されている目標物の方向を中心とする所定の角度範囲内でサブアレーによって形成されるビームを走査するようにサブアレーの各信号に複素重みを乗じて合成信号を求め、走査した角度範囲内での合成信号の落ち込みを各サブアレーについ

て求め、その落ち込みがレベルを越えないサブアレーに基づいて、予め設定されている振幅または位相の補正係数を変更する必要があるアンテナを特定することの特徴とする。

【0019】一般的に、ビーム形成して得たターゲットからのピークをそのまま検出するのに比べ、落ち込みを検出した場合の方が精度が高い。そこで、サブアレー毎の落ち込みを検出し、どのサブアレーにおいて、十分な落ち込みが検出されないかにより、特性の変化したアンテナ系を精度よく検出することができる。

【0020】また、前記レーダ信号は、複数の受信アンテナを順次切り換え、時分割で得られたものであることが好適である。

【0021】また、特定された振幅または位相の補正係数を変更する必要があるアンテナを含むサブアレーにおいて、補正係数の振幅、位相を変化させ、そのときの落ち込みレベルの変化に基づいて補正係数を修正することが好適である。これによって、自動的に補正係数を修正して、常に良好な状態でのターゲットの検出を行うことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（以下実施形態という）について、図面に基づいて説明する。

【0023】図1は、本実施形態に係るホログラフィックレーダの一例を示す図であり、送信機10には、高周波スイッチ12を介し、3つの送信アンテナ14a、14b、14cが接続されている。また、送信アンテナ14a、14b、14cの横には、送信アンテナ14a、14b、14cから送信された電波のターゲットによる反射波を受信する3つの受信アンテナ16a、16b、16cが設けられ、この受信アンテナ16a、16b、16cには、高周波スイッチ18を介し、受信機20が接続されている。

【0024】さらに、送信機10、高周波スイッチ12および受信機20には、制御部22が接続されている。この制御部22は、物体検出のための各種の信号処理を行うほか、高周波スイッチ12のスイッチングのタイミングおよび受信機20からの受信信号のサンプルタイミングを制御する。

【0025】そして、送信アンテナ14a、14b、14cは、同一平面上に形成され、同一形状をしている。この例では、各送信アンテナ14a、14b、14cは、縦長で、横方向に間隔 Δx において平行に等間隔で配置されている。また、受信アンテナ16a、16b、16cも送信アンテナ14a、14b、14cと同一平面上に配置されており、受信アンテナ16a、16b、16cは、横長で、縦方向に間隔 Δy において平行に等間隔で配置されている。

【0026】本実施形態の装置においては、FMCW方式を用いており、周波数が所定の周期で変化する連続波

を送信する。そして、反射波と送信波の周波数差に基づいて、ターゲットとの相対距離、相対速度を検出する。また、各送信アンテナ14a、14b、14cと受信アンテナ16a、16b、16cの組み合わせによって得られる受信信号について、ビーム形成を行い、振幅を調べることによって、方位を検出する。

【0027】ここで、送信アンテナ14a、14b、14cと受信アンテナ16a、16b、16cの切換えは、図2に示すような順序で行う。すなわち、1つの送信アンテナ14a、14b、14cが送信している1度の期間中の後半において受信アンテナ16a、16b、16cを順次切り換えて、それぞれの受信アンテナ16a、16b、16cからの受信信号を時分割で得る。そして、送信アンテナ14a、14b、14cを切り換えて同様に3つの受信信号を得、これを繰り返す。

【0028】従って、3つの送信アンテナ14a、14b、14cからの送信が終わった段階で、9つの種類の受信信号が得られる。従来のホログラフィックレーダ装置においては、1つの送信アンテナに対し、受信信号を得たいだけの数の受信アンテナおよび受信機を設けていた。従って、従来の構成によれば、9種類の受信信号を得るために、9つの受信アンテナおよび受信機を必要とした。

【0029】本実施形態の構成においては、3つの送信アンテナ14a、14b、14c、3つの受信アンテナ16a、16b、16c、1つの送信機、1つの受信機により、9種類の受信信号を得ることができる。従って、構成が簡単になり、装置の小型化、低コスト化を図ることができる。

【0030】また、図1のような構成では、横方向のアンテナ配列間隔 Δx は、方位方向の最大検出範囲に基づいて決定され、縦方向のアンテナ配列間隔 Δy は、仰角方向の最大検出範囲に基づいてそれぞれ決定される。従って、配列間隔を規定されない方向については、アンテナの開口を広げることができる。すなわち、送信アンテナ14a、14b、14cにおいては、縦方向の開口を十分大きくでき、また受信アンテナ16a、16b、16cについては横方向の開口を十分大きなものとしても、各アンテナ間の相互結合などの問題が生じない。そこで、本実施形態の装置においては、各アンテナに高利得のアンテナを使用することができ、検出感度を向上することができる。

【0031】なお、1つの送信アンテナ14a、14b、14cの送信期間における受信期間の開始時点は、その時選択されている送信アンテナ14a、14b、14cからの送信波が最大検出距離に位置するターゲットにより反射して受信されるまでの時間に応じて設定されている。

【0032】図3の構成は、送信アンテナ14a、14b、14cと受信アンテナ16a、16b、16cを同

一平面ではなく前後方向に重ねて配置したものである。すなわち、この例では、送信アンテナ14a、14b、14cの背面側に受信アンテナ16a、16b、16cが配置されている。これによって、両方のアンテナの開口を重ねることができ、並列して配置する場合に比べ開口の面積を1/2にできる。

【0033】この場合、送受信信号の干渉をさける必要がある。このためには、送信波の偏波と受信波の偏波を直交させることなどが考えられる。すなわち、反射波は、送信波に対しその位相が反転するため、送信波として円偏波を用いることで、受信波の円偏波は送信波の偏波と直交することになる。従って、受信信号において送信波の干渉を容易に排除することができる。

【0034】図4は、それぞれ2次元配列された4つの送信アンテナ14a~14dと、受信アンテナ16a~16dとをそれぞれ順次切り換えることで、縦4つ×横4つ=16個の正方配列された受信アンテナを利用する場合と同様のレーダを実現するものである。

【0035】この場合には、送信アンテナ14a~14dの横方向の配列間隔は、受信アンテナ16a~16dの間隔 Δx の2倍 $=2\Delta x$ に設定され、縦方向についても同様に設定されている。なお、受信アンテナの個数が一方2つでない場合には、送信アンテナの間隔は、受信アンテナ間隔×受信アンテナの個数倍とする。

【0036】このレーダ装置についても、送信アンテナ14a~14dを順次切り換え、1つの送信アンテナが選択されている時に4つの受信アンテナを順次切り換える。これによって、4つの送信アンテナの選択が終わったときに、 $4 \times 4 = 16$ の送受信アンテナの組み合わせについての受信信号を得ることができる。

【0037】この実施形態によれば、従来の送信アンテナを1つ、受信アンテナを16個の構成と同様の受信信号を送信アンテナ4つ、受信アンテナ4つの合計8つで得ることができる。従って、装置の小型化低コスト化を図ることができる。

【0038】「アンテナ切り換えタイミング」図5は、送信アンテナ14a、14b、14cおよび受信アンテナ16a、16b、16cの切り換えタイミングを示す図である。図2においては、受信アンテナ16a、16b、16cを必要な期間だけ選択したが、この図5においては、連続的に切り換えて使用している。

【0039】そして、1つの受信アンテナ16a、16b、16cを選択してから次にその受信アンテナ16a、16b、16cを選択するまでの期間である受信アンテナ16a、16b、16cの切り換え周期 T_r は、送信電波がこのレーダ装置の最大検出距離の往復に要する時間 ΔT に等しく定めてある。また、1つの送信アンテナ14a、14b、14cを選択してから次にその送信アンテナ14a、14b、14cを選択するまでの期間である送信アンテナ14a、14b、14cの切り換

え周期 T_t は、受信アンテナ16a、16b、16cの切り換え周期 T_r の6倍に設定してある。

【0040】これにより、受信アンテナ16a、16b、16c間や送受信回路間の結合により、受信信号中に漏洩してくる、きわめて近距離に存在する物体からの反射波と同様の不要なレーダ信号は、アンテナ切り換え周期の逆数、すなわち、周波数 $1/T_t$ および $1/T_r$ で変調される。そこで、不要信号は、その周波数の間隔で、高域の周波数帯域まで繰り返し現れるようになる。

【0041】図5の例では、 $T_t = 6 \times 1/T$ であり、送信切り換えに関わる不要信号は、 $f_t = 1/T_t$ 、受信切り換えに関わる不要信号は、周波数 $f_r = 1/T_r$ の周波数間隔で、周期的に高域の周波数帯域まで現れる。そして、 $f_r = 6 \times f_t$ であり、受信に関わる不要信号が送信に関わる不要信号に重なる。

【0042】これによって、図6に示すように、送信側から漏洩してくる信号がアンテナのスイッチングにより変調されて生じる不要信号は、周波数 f_t の間隔で周期的に現れるものだけに限定できる。そして、このような周期的な不要信号は、コムフィルタなどを用いて容易に除去することができる。例えば、本出願人の出願に係る特願平11-208098号（平成11年7月22日出願）には、減算型コムフィルタを用いて、周期的に現れる不要信号を除去することを提案している。このようなコムフィルタを用いることが好適である。

【0043】また、上述したように、受信アンテナ16a、16b、16cの切り換え周期 T_r を、送信電波がこのレーダ装置における最大検出距離を往復するのに要する時間と等しく設定している。従って、上述のようなコムフィルタによる不要信号の除去を行っても、図6に示すように、最大検出距離範囲内に存在するターゲットからの反射波（レーダ信号）を確実にとらえることができる。

【0044】なお、図5のタイミングでは、新たな送信アンテナ14a（表においてTaで示す）、14b（表においてTbで示す）、14c（表においてTcで示す）に切り換えてから1回目の受信アンテナ16a（表においてRaで示す）、16b（表においてRbで示す）、16c（表においてRcで示す）の信号を無視し、その後の受信アンテナ16a、16b、16cの信号をデータとして取り込む。これによって、送信アンテナ14a、14b、14cから発せられた送信波が最大検出距離内のターゲットで反射された反射波が各受信アンテナ16a、16b、16cにおいてそれぞれ受信される。

【0045】なお、図1のような2次元のホログラフィックレーダではなく、図7に示すような1次元のホログラフィックレーダにおいても同様に送信側からの漏洩波を除去することができる。

【0046】「振幅・位相補正係数の校正」図8に、本

実施形態の校正法が適用可能なホログラフィックレーダの構成を示す。この例では、高周波スイッチ12、18を省略し、1つの送信アンテナ14を設けるとともに、6つの受信アンテナ16a～16fおよび6つの受信機20a～20fを設けている。

【0047】従って、送信機10から送信アンテナ14を介し、前方の所定範囲に送信波が放射される。これにより、その放射範囲内にあるターゲットによって反射された反射波が受信アンテナ16a～16fで受信され、受信機20a～20fでそれぞれ受信信号が得られ、これが制御部22において処理される。

【0048】ここで、この制御部22は、6つの受信アンテナ16a～16fについて、サブアレーを構成する。ここで、各サブアレーは中心対称の配置となるように構成する。例えば、表1に示すように、受信アンテナ16a、16b、16c、16dでサブアレーAa、受信アンテナ16b、16c、16d、16eでサブアレーAb、受信アンテナ16c、16d、16e、16fでサブアレーAc、受信アンテナ16a、16b、16e、16fでサブアレーAdを構成する。

【0049】

【表1】

サブアレーの構成

| サブアレー | 送受信アンテナ | | | | | |
|-------|---------|----|----|----|----|----|
| Aa | Ra | Rb | Rc | Rd | | |
| Ab | | Rb | Rc | Rd | Re | |
| Ac | | | Rc | Rd | Re | Rf |
| Ad | Ra | Rb | | | Re | Rf |

ここで、ターゲットの方向を中心とする所定の角度範囲内でサブアレーによってビームを構成するように、サブアレーの各受信信号に複素数の重みを乗じて合成信号を求める。すなわち、サブアレーの中心において、位相のずれが0になり、左右の受信アンテナにおいて、中心からの距離およびビーム角度に応じた位相ずれを生じるように複素数の重みを乗じる。例えば、中心からの距離がdで、波長λの電波を用い、ビーム角度がφの場合には、複素数の重みは $e^{-j(2\pi d \sin \phi / \lambda)}$ とする。このようにして、各サブアレーについてビームが形成され、φを変更することでビームを走査することができる。

【0050】そして、このビームを検出範囲内で走査し、φの方向にターゲットがあった場合には、図9に示すように、φの方向がψと一致した時に受信電力についてのピークが生じる。このようにして、各サブアレーにおいて、ターゲットの方向において、ピークを検出する

ことができる。

【0051】そして、各受信系（受信アンテナ、線路、受信機）の特性が同一であれば、ターゲットの方向ψと、ビーム方向φが一致したときに、すべてのサブアレーにおいて、明らかなピークが得られる。ところが、各アンテナ系特性に差異があると、十分なピークが生じなくなる。そこで、レーダ動作の初期状態において、各アンテナ系の振幅、位相についての補正係数を求める。

【0052】この場合、ピークを生じるφをそのまま検出することもできるが、サブアレーの中心に対して、いずれか一方側のレーダ信号の位相をπだけ回転させる。例えば、サブアレーAaであれば、受信アンテナ16a、16bと16c、16dが対称の位置にあり、受信アンテナ16c、16dについてのレーダ信号の位相をπだけずらす。なお、1つの受信アンテナにおけるレーダ信号が $E_0 e^{j(\sin \omega t / \lambda)}$ であれば、位相をπずらすことで、上式の中の $\sin(\omega t / \lambda) \rightarrow \sin(\omega t / \lambda + \pi) = -\sin(\omega t / \lambda)$ となり位相が反転される。

【0053】そして、このような処理を行った後、ビーム形成を行い、φを変化させて合成信号の電力変化を求めると図10に示すように、ターゲット方向ψにおいて落ち込み（ヌル）が発生する。

【0054】従って、初期の構成において、このヌルが所定の基準値以下になるようにすることで、各アンテナ系における補正係数を求めることができる。なお、初期の補正係数の決定は、別の方法を用いることもできる。

【0055】一方、時間経過とともにそれぞれのアンテナ系の特性が徐々に変化すると、サブアレーの合成信号により形成されるヌルが十分な落ち込みでなくなる。これは、ビーム形成によるピークレベルの変化より一般的に早期に現れる。そこで、設定した4つのサブアレーにおけるヌルレベルを検出し、所定の基準値を満足しないサブアレーを検出する。

【0056】いずれかの1つのアンテナ系の特性が初期状態から変化した場合に、どのサブアレーにおいてヌルレベルが基準値を超えるかは、サブアレーの設定によって予め定まっている。図8の構成では、表2に示すように、どのサブアレーにおけるヌルレベルが基準値を超えたかにより、特性の変化した1つのアンテナ系を決定することができる。

【0057】

【表2】

アンテナ系とヌルレベルが高くなるサブアレーの関係

| アンテナ系 | ヌルレベルが高くなるサブアレー | | | |
|-------|-----------------|----|----|----|
| Ra | Aa | | | Ad |
| Rb | Aa | Ab | | Ad |
| Rc | Aa | Ab | Ac | |
| Rd | Aa | Ab | Ac | Ad |
| Re | | Ab | Ac | Ad |
| Rf | | | Ac | |

通常の場合、各受信系において、別々のタイミングで大きく特性が変化し始める。そこで、上述の検出によって、1つの受信系の特性が変化し始めた時点で、その受信系を特定することができる。

【0058】そして、特性が変化した受信系について、補正係数の振幅、位相を少し変化させた時のヌルレベルの変化を求め、その変化に基づいてヌルレベルが向上する方向に補正係数を修正することができる。

【0059】さらに、図1や図7に示すような構成の送信アンテナが複数あるホログラフィックレーダにおいても、同様にサブアレーを構成して好適な構成が行える。

【0060】例えば、図7に示すような送信アンテナ3

つ、受信アンテナ3つを順次切り換えてレーダ信号を得る場合においても、同様の手法で、構成が行える。

【0061】例えば、表3に示す5つのサブアレーAa、Ab、Ac、Ad、Aeを設定する。この場合、各アンテナ系の特性が初期状態から変化すると、どのサブアレーにおいてヌルレベルが高くなるかは、表4に示すようになる。これにより、上述の場合と同様に、補正係数を変更する必要があるアンテナ系を特定することができる。そこで、同様にして補正係数を修正することが可能になる。

【0062】

【表3】

サブアレーの構成

| サブアレー | 送受信アンテナ | | | | | | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aa | TaRa | TaRb | | TbRa | TbRb | | | |
| Ab | | TaRb | TaRc | | TbRb | TbRc | | |
| Ac | | | TaRc | TbRa | | TbRc | TcRa | |
| Ad | | | | TbRa | TbRb | | TcRa | TcRb |
| Ae | | | | TbRa | TbRb | | TcRb | TcRc |

【表4】

アンテナ系とヌルレベルが高くなるサブアレーの関係

| アンテナ系 | ヌルレベルが高くなるサブアレー | | | | |
|-------|-----------------|----|----|----|----|
| Ta | Aa | Ab | Ac | | |
| Tb | Aa | Ab | | Ad | Ae |
| Tc | | | Ac | Ad | Ae |
| Ra | Aa | | Ac | Ad | Ae |
| Rb | Aa | Ab | | Ad | |
| Rc | | Ab | Ac | | Ae |

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、送信アンテナおよび受信アンテナを複数設ける。そこで、1つの送信アンテナと複数の受信アンテナを設けるのに比べ、アンテナ本数を少なくできる。また、送信アンテナと受信アンテナを直交するように配列することで、受信アンテナは一方向に配列するだけでよくなる。このため、他の方向においては、隣接する受信アンテナが存在せず、従ってアンテナの開口を大きくとることができ、アンテナの利得を高くして感度を高くすることができる。

【0064】また、複数の送信アンテナを前記受信アンテナの切り換え周期の倍数の周期をもって順次切り換えて電波を送信することにより、受信アンテナの切り換え周期で変調された不要信号の周波数が送信アンテナ切り換え周期で変調された不要信号に重なる。そこで、不要信号をコムフィルタなどにより容易に除去することができる。

【0065】さらに、サブアレー毎にヌルレベルを検出し、どのサブアレーにおいて、十分な落ち込みが検出されないかにより、特性の変化したアンテナ系を精度よく検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態に係るホログラフィックレーダ装置の構成を示す図である。

【図2】 アンテナ切り換えタイミングを示す図である。

【図3】 実施形態に係るホログラフィックレーダ装置の他の構成例を示す図である。

【図4】 実施形態に係るホログラフィックレーダ装置のさらに他の構成例を示す図である。

【図5】 他のアンテナ切り換えタイミングを示す図である。

【図6】 レーダ信号および不要信号の周波数特性を示す図である。

【図7】 実施形態に係るホログラフィックレーダ装置

のさらに他の構成例を示す図である。

【図8】 実施形態に係るホログラフィックレーダ装置のさらに他の構成例を示す図である。

【図9】 ビーム走査における相対電力を示す図である。

【図10】 ビーム走査におけるヌルレベルを示す図で

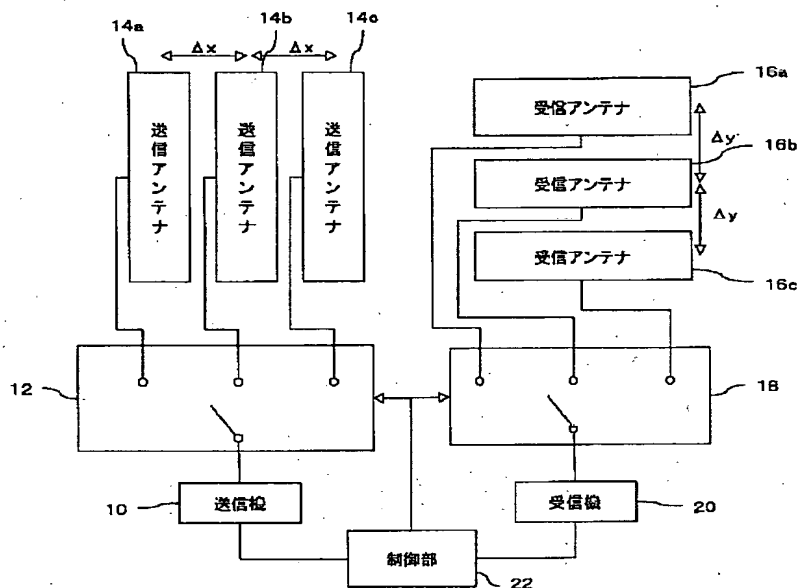
ある。

【図11】 他の構成例を示す図である。

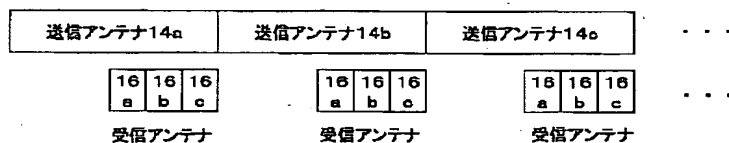
【符号の説明】

10 送信機、12, 18 高周波スイッチ、14a, 14b, 14c 送信アンテナ、16a, 16b, 16c 受信アンテナ、20 受信機、22 制御部。

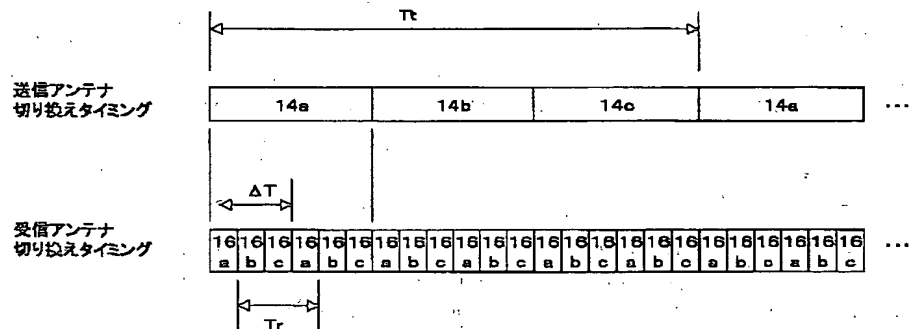
【図1】



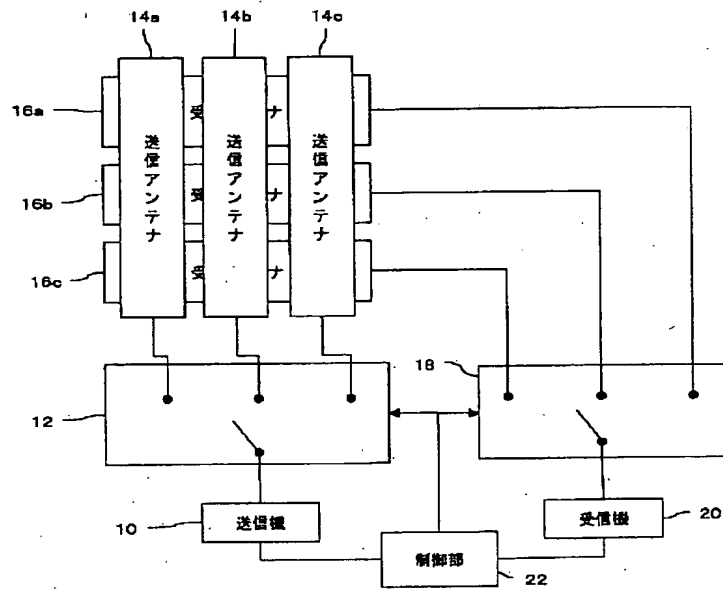
【図2】



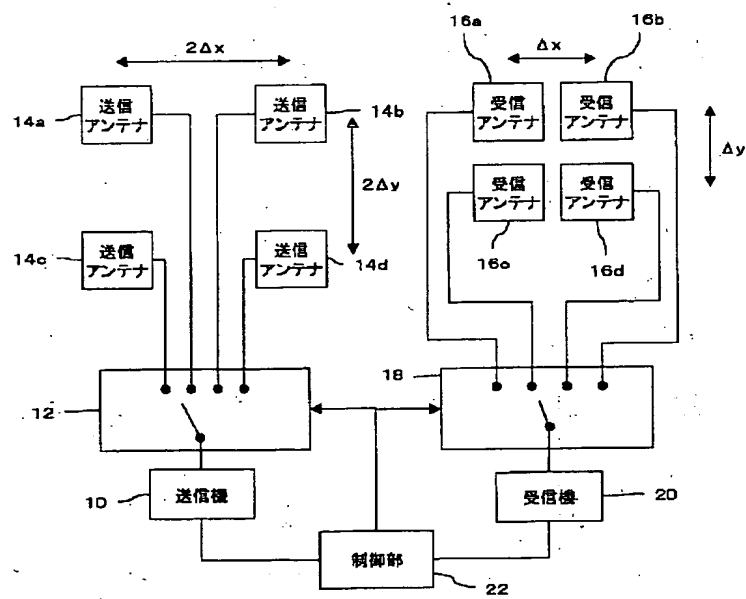
【図5】



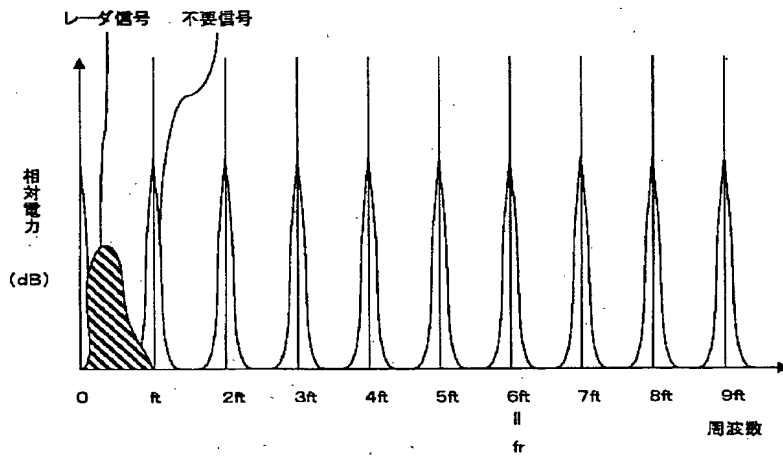
【図3】



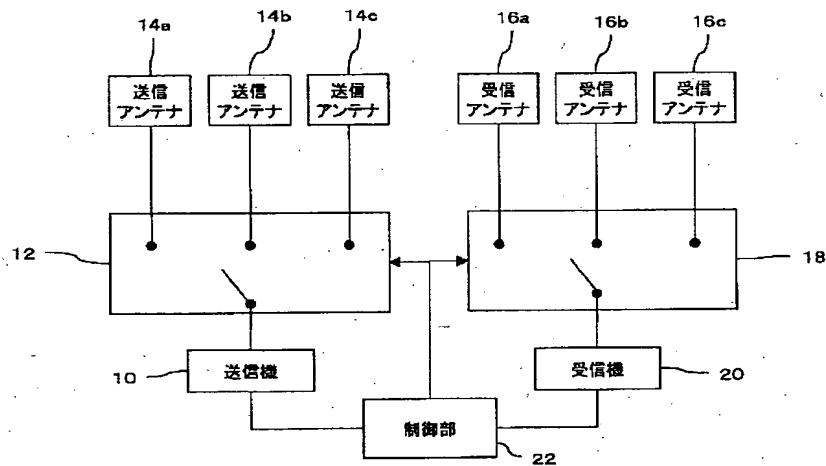
【図4】



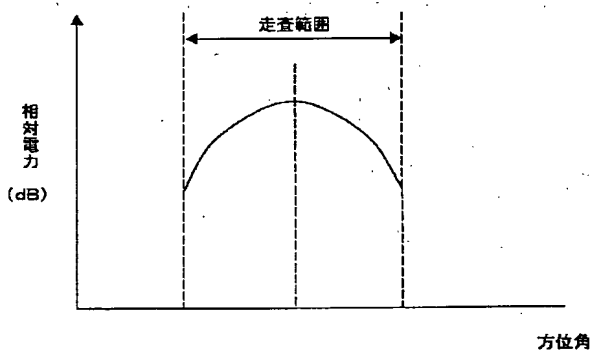
【図6】



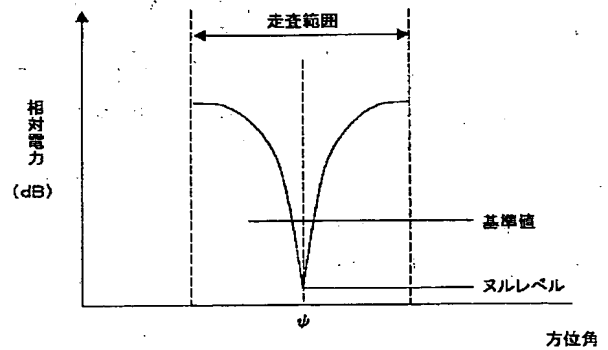
【図7】



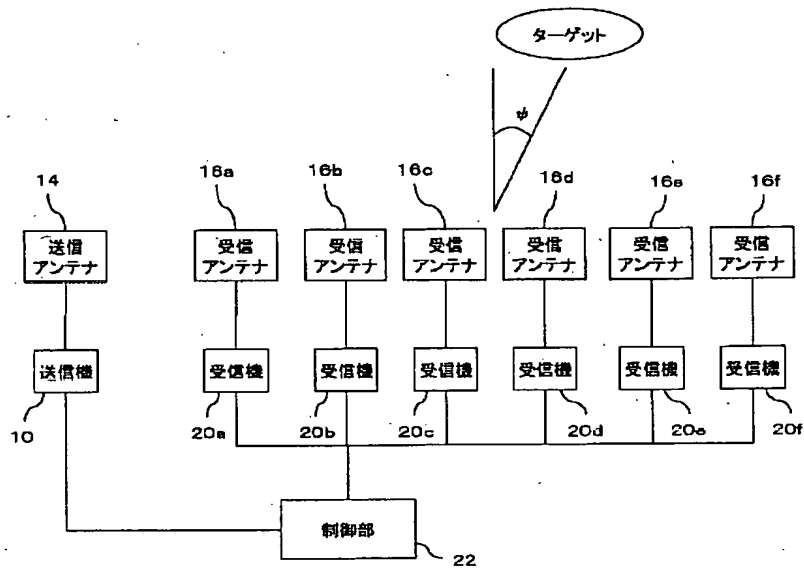
【図9】



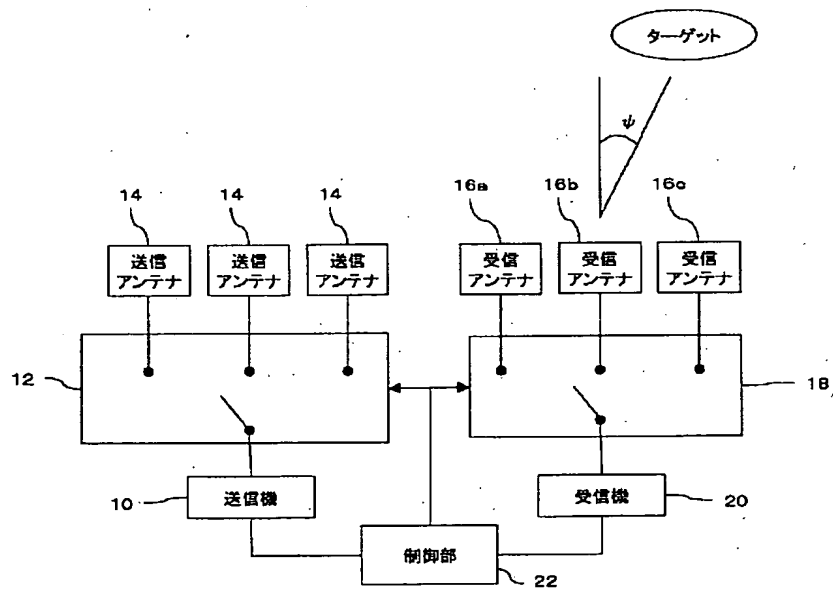
【図10】



【図 8】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J070 AB17 AC02 AC06 AC13 AD03
AD05 AD16 AG03 AH19 AH33
AH34 AK04 AK21 BA01

THIS PAGE BLANK (USPTO)